



Techninė ataskaita

Architektūrų AN/UYK-43 ir Intel i960

VU MIF Informatikos fakultetas

Autorius: Dovydas Čepas
Informatikos 2 kurso studentas

Gruodis 2024

1 Architektūrų kontekstas

1.1 AN/UYK-43

AN/UYK-43 buvo standartinis 32 bitų kompiuteris, naudotas Jungtinių Valstijų karinio jūrų laivyno paviršiniuose laivuose ir povandeniniuose laivuose. Pirmasis įrenginys buvo pristatytas 1984 m. spalį. Iš viso iki 2000 m. buvo pristatyta apie 1 250 vienetų. Šio kompiuterio dydis prilygo šaldytuvui, o jis pakeitė senesnį AN/UYK-7 modelį. Abu kompiuteriai buvo gaminami „UNISYS“ ir turėjo tą patį komandų rinkinį. (Wikipedia, 2024.)

1.2 Intel i960

Intel i960 (arba 80960) buvo RISC architektūros mikroprocesorius, kuris išpopuliarėjo 1990-ųjų pradžioje kaip įterptinis mikrovaldiklis. Jis tapo vienu iš perkamiausių procesorių šiame segmente kartu su konkuruojančiu AMD 29000 modeliu. Nepaisant sėkmės, Intel nutraukė i960 rinkodarą 1990-ųjų pabaigoje, kai pasiekė susitarimą su DEC, pagal kurį Intel gavo teisę gaminti StrongARM procesorių. Nepaisant to, i960 procesorius vis dar naudojamas kai kuriose karinėse sistemose. (Wikipedia, 2024.)

2 Architektūrų palyginimas

2.1 Elementinė bazė ir fizinės savybės

2.1.1 AN/UYK-43

AN/UYK-43 buvo sudarytas iš integrinių grandynų (IC) ir didelio integracijos masto (LSI). Saugojimo atminties technologijoje buvo naudojami puslaidininkiai (VIP Club, 2024.). Svoris: 667 kg. - 757 kg. Dydis: 1.83 m. x 50.3 cm. x 56.7 cm. Energijos suvartojimas: 5.5 kW (aušinant oru), 4.7 kW (aušinant vandeniu) (Defense Technical Information Center, 1987, p. 14.).

2.1.2 Intel i960

Intel i960 buvo sudarytas iš tranzistorių ir buvo labai didelio integracijos masto (VLSI) (Wikipedia, 2024). Svoris: 24 g (keramikinis) (CPU-World Forum, n.d.). Dydis: 3.5 cm. x 3.5 cm. x 1.54 mm (Intel, n.d. p. 30.). Energijos suvartojimas: 3.3 W - 5 W (Wikipedia, 2024.).

2.2 Architektūra

2.2.1 AN/UYK-43

Kompiuterio CPU yra bendros paskirties mikroprogramuojamas valdiklis (MPC), kuris vykdo AN/UYK-43 instrukcijų rinkinio architektūrą (ISA) (HP-9020C/AN/UYK-43 Study, 1987, p. 22.). AN/UYK-43 naudoja tiesioginio kodo kalbą, gautą iš

CMS-2Y assemblerio kalbos. Ši sistema leidžia integruoti mašinos instrukcijas į CMS-2Y programas (Fleet combat direction systems support activity code 8, 1986, p. 462-540)

2.2.2 Intel i960

Architektūra yra registrinio pagrindo RISC (Wikipedia, 2024)

2.3 Adresų mašinos tipas

2.3.1 AN/UYK-43

AN/UYK-43 yra dviejų adresų mašina (pvz: SET A32S15 TO LN(A32S10) \$) (Fleet combat direction systems support activity code 8, 1987, p. 214.)

2.3.2 Intel i960

Intel i960 yra trijų adresų mašina (pvz: addo g2, g3, g4) (ManualsLib, n.d. p. 296.)

2.4 Registrai

2.4.1 Intel i960

Turi 32 bendrosios paskirties registrus - 16 globalių registrų ir 16 vietinių registrų. Registrų plotis - 32 bitai (Intel, n.d, p. 1.). Specializuotos paskirties: 4 80 bitų "floating point" registrai (tiksliausiems skaičiams po kablelio) ir kontrolės registrai (interrupt'ų valdymui) (Intel Corporation, n.d, p. 6.).

2.4.2 AN/UYK-43

Bendrosios paskirties registrai: A registrai (kaupikliai): 8 registrai, 32 bitų pločio. Naudojami aritmetiniams ir loginėms operacijoms. B registrai (indeksavimo registrai): 7 registrai, 16 bitų pločio. Naudojami adresų skaičiavimams ir indeksavimui. Specializuoti registrai: P registras (programos skaitiklis): 16 bitų, naudojamas instrukcijų adresams skaičiuoti. S registrai (segmentų registrai): 8 registrai, 32 bitų pločio. Naudojami atminties segmentų valdymui ir adresų generavimui. Steko rodyklės registrai: 8 registrai, 16 bitų pločio. Naudojami steko valdymui. Atminties apsaugos registrai (SPR): 8 registrai. Apibrėžia atminties prieigos ribas ir režimus. Segmentų identifikacijos registrai (SIR): Naudojami saugumo ir prieigos kontrolės funkcijoms. Registrų duomenų pločiai: 16 bitų registrai: P registras, B registrai, steko rodyklės registrai. 32 bitų registrai: A registrai, S registrai, atminties apsaugos registrai (SPR). Instrukcijų valdymas: P registras seka programos vykdymo eigą. (Landwehr, C.E., Tretick, R., et al., 1987, p. 21 - 22.)

2.5 Požymių bitai

AN/UYK-43 architektūroje požymių bitai (flags) buvo naudojamos valdyti programos vykdymo srautą, sistemos konfigūraciją ir kitus veikimo parametrus. Buvo naudojami: FLAGS (LITEMFL - nustato, ar elementas yra konstanta, MULTVFL - nustato, ar elementas turi kelias reikšmes, PTHUNKFL - nustato, ar procedūros pradžia turi būti vykdomas kaip atskira posistemė, naudojant specialią komandą (LBJ B6), ETHUNKFL - veikia taip pat, kaip ir PTHUNKFL, bet taikomas procedūros pabaigai. Visi šitie požymių bitai yra sąlygos kodo požymių bitai), TFLAGS išplėčia FLAGS funkcionalumą ir naudojamas kaip pagalbinės, Cswitch įjungia arba išjungia specifines funkcijas naudojant sisteminės deklaracijas. (Fleet combat direction systems support activity code 8, 1986, p. 102 - 540.)

2.5.1 Intel i960

Buvo naudojami požymių bitai (Flags): sąlygos kodo - 010, 001, palyginimo - 001, 010, 100, 000, aritmetinės kontrolės - AC.of, AC.om, AC.nif, pėdsakų (trace) - TC.i, TC.b, TC.c, TC.r, proceso kontrolės - PC.te, PC.em, PC.tfp. (Intel, 1997, p. 79 - 394.)

2.6 Duomenų plotis (Mašininis žodis)

2.6.1 Intel i960

Mašininis žodis - 32 bitai (Intel Corporation, n.d, p. 1.)

2.6.2 AN/UYK-43

Mašininis žodis - 32 bitai (Landwehr, C.E., Tretick, R., et al., 1987, p. 12.)

2.7 Atminties išdėstymas

2.7.1 AN/UYK-43

Atminties tipas: Pusašaidininkiai (SC) ir magnetinė šerdis (MC) Atminties dydis: MC 32K, 32-bit žodžiai, SC 64K - 512K, 32-bit žodžiai. (Systems Exploration, Inc, 1987, p. 14.)

2.7.2 Intel i960

Ištisinė 32 bitų atminties erdvė, be atminties segmentavimo, išskyrus išplėstą architektūrą, kuri galėjo palaikyti iki 2^{22} „objektų“, kiekvienas iki 2^{32} baitų. (Wikipedia, 2024.) Intel i960 efektyvusis adresų pločio dydis buvo 32 bitai, leidžiantis adresuoti iki 4 GB atminties vienoje plokščioje adresų erdvėje. Tipinis atminties kiekis, naudojamas sistemose, pagrįstose Intel i960, skyrėsi priklausomai nuo taikymo srities, nes procesorius buvo skirtas pramoninėms sistemoms, tinklo įrenginiams ir karinėms/aerokosminėms programoms. Štai suskirstymas

pagal naudojimo atvejus: pramoninės sistemos (spausdintuvai, duomenų saugojimo valdikliai, kita pramoninė įranga) - atminties diapazonas: nuo 512 KB iki 4 MB, tinklo įranga (maršrutizatoriai, tinklo sąsajos plokštės) - atminties diapazonas: nuo 2 MB iki 16 MB, karinės ir aerokosminės sistemos - atminties diapazonas: nuo 16 MB iki 64 MB ar daugiau. (OpenAI, 2024.)

2.8 Virtuali atmintis

2.8.1 Intel i960

Neturėjo virtualios atminties (Niekur nėra informacijos, kad architektūra tokią turėtų, todėl patikrinti buvo pateikta užklausa Chatgpt) "The Intel i960 microprocessor did not have built-in support for virtual memory in its standard versions. The i960 was designed primarily as an embedded processor, targeting real-time and embedded systems where virtual memory was not typically needed." (OpenAI, 2024).

2.8.2 AN/UYK-43

Neturėjo virtualios atminties (Niekur nėra informacijos, kad architektūra tokią turėtų, todėl patikrinti buvo pateikta užklausa Chatgpt) "The AN/UYK-43, a ruggedized military computer introduced by the U.S. Navy in the 1980s, did not have virtual memory in the traditional sense used by modern general-purpose computers." (OpenAI, 2024).

2.9 Komandų sistema (ISA)

2.9.1 AN/UYK-43

Komandų sistema: AN/UYK-43 naudoja tiesioginio kodo kalbą, gautą iš CMS-2Y assemblerio kalbos. Ši sistema leidžia integruoti mašinos instrukcijas į CMS-2Y programas. Instrukcijos yra suskirstytos į aritmetines ir logines operacijas, duomenų perkėlimo, srauto valdymo, sistemos ir specialiosios. (Fleet combat direction systems support activity code 8, 1986, p. 5 - 48.) AN/UYK-43 kompiuterio instrukcijų rinkinys turi daugiau nei 220 pagrindinių pilno ir pusinio žodžio instrukcijų, kurios teikia operacijas tiesioginiam ir netiesioginiam atminties adresavimui, kintamo ilgio simbolių adresavimui bei privilegijuotam ir neprivilegijuotam vykdymui. (Systems Exploration, Inc, 1987, p. 22.) Pavyzdžiai:

SET A TO B \$

MOVE A TO B \$

PROCEDURE CHECKIT INPUT V1,V2

OUTPUT V3 \$

END-PROC CHECKIT \$

FUNCTION TPOS(AZM) A 12 S 5 \$

SET ALPHA TO 3+AZM/4 \$

```

IF ALPHA GT 0 THEN RETURN (ALPHA) $
ELSE RETURN (0) $
END-FUNCTION TPOS $

```

2.9.2 Intel i960

Naudoja RISC komandų sistemą. (Wikipedia, 2024.) Instrukcijos yra suskirstytos į: duomenų judėjimo, aritmetinių (eilinių ir sveikųjų skaičių), loginių, bitų ir bitų laukų, palyginimo, šakojimosi, kvietimo / grįžimo, klaidų, derinimo, procesoriaus valdymo klases. 80960KB procesoriuje išplėčia esamas klases ir prideda naujas grupes: sveikųjų skaičių pavertimas realiaisiais, slankiojo kabelio, sinchroninio judėjimo ir įkrovimo, dešimtainės. (Intel, 1988, p. 83 - 84.) Palaikė šias instrukcijas: register-to-register, immediate, memory access - short, memory access - long, control transfer (Intel Corporation, n.d, p. 5.). Turi apie 150 - 200 instrukcijų (Intel, 1988, p. 352 - 355.). Pavyzdžiai:

```

addo g5, g9, g7
subi r3, r5, r6
lda 0xfab3, r12
ld (r4), g3
st g10, (r6)[r7*2]
setbit 13, g4, g5
mulu g5, g6, g7
bne g5, g6, target

```

2.9.3 Palyginimas

Skiriasi: AN/UYK-43: Daugiau aukšto lygio programavimo stiliaus, sintaksė labiau panaši į šiuolaikines programavimo kalbas, o i960 - mažo lygmens, assemblerio stiliaus, naudojant registrus ir tiesiogines atminties nuorodas. AN/UYK-43 reikalauja \$ simbolio eilutės pabaigoje, taip pat naudoja įprastus aritmetikos simbolius, vietoj tekstinių komandų. AN/UYK-43 turi kintamųjų deklaraciją, o i960 dirba su registrais. Panašumai: panašios, srauto instrukcijos, duomenų valdymas.

2.10 Adresavimo būdai

AN/UYK-43 palaikė šiuos adresavimo būdus: tiesioginis adresavimas, netiesioginis adresavimas, indeksuotas adresavimas, santykinis adresavimas, adresų poslinkio skaičiavimas. (CMS-2Y Programmer's Reference Manual for the AN/UYK-7 and AN/UYK-43, 1986, p. 519 - 564.) O Intel i960 naudojo šiuos būdus: absoliutus adresavimas, registru netiesioginis adresavimas, registru netiesioginis su poslinkiu, registru netiesioginis su poslinkiu ir indeksu, indeksas su poslinkiu, instrukcijos rodyklės su poslinkiu. (Intel, 1997, p. 57.) Panašūs

buvo: netiesioginis adresavimas, indeksuotas adresavimas, tiesioginis ir absoliutus adresavimas. Skiriasi: AN/UYK-43 leidžia derinti tiesiogiai koduojamus vardus ir adreso poslinkius, kas nėra aprašyta Intel i960, taip pat i960 leidžia derinti bazinį adresą, indeksą ir poslinkį, o AN/UYK-43 ne.

2.11 I/O galimybės

2.11.1 AN/UYK-43

UYK-43 vis dar pripažįstamas kompiuterių pramonėje kaip vienas geriausių įrenginių, greitai ir efektyviai priimančių didelius išorinių jutiklių ir kitų duomenų srautus. Po to, kai centriniai procesoriai atlieka reikalingus skaičiavimus ir priima sprendimus, šią informaciją galima greitai perduoti žmogui. Situacijose, kai į laivą nukreipta raketa ar artėja priešo orlaivis, mikrosekundės tampa itin svarbios. Laiku priimti tikslūs ir greitai sprendimai gali išgelbėti gyvybes. (VIP Club, 2024.) Yra po 1 I/O valdiklį kiekvienam CPU su 32 I/O kanalais. I/O grandinimas (chaining) leidžiamas naudojant I/O valdiklį. (Systems Exploration, Inc, 1987, p. 14.)

2.11.2 Intel i960

80960Rx procesoriai buvo žymimi kaip I/O procesoriai ir turėjo PCI magistralės (2.1 arba 2.2 versijos, priklausomai nuo varianto) įgyvendinimą bei 80960Jx branduolį. Jie galėjo būti naudojami pagrindinėse plokštėse kaip integruoti PCI įrenginiai, taip pat PCI išplėtimo kortose. (Wikipedia, 2024.)

2.12 Pertraukimai

AN/UYK-43 uvo naudojami pertraukimai (interrupts). Intel i960 irgi buvo naudojami pertraukimai. Panašumai: abiejose architektūrose buvo naudojami prioritetiniai pertraukimai, leidžiantys valdyti skirtingų svarbos lygių užduotis. Taip pat abi sistemos turėjo nepertraukiamas pertrauktis. Skirtumai: Intel i960 turėjo automatinį konteksto išsaugojimą, o AN/UYK-43 rankinį per registrus išsaugojimą, i960 taip pat turėjo tiesioginę DMA sąsają o AN/UYK-43 neturėjo, i960 taip pat turėjo 32 programuojamus prioritetų lygius, o AN/UYK-43 fiksuotus. (Landwehr, C.E., Tretick, R., et al., 1987, p. 7 - 36.), (Intel Corporation, n.d, p. 1 - 15)

2.13 Duomenų tipai

2.13.1 AN/UYK-43

Palaikė šiuos duomenų tipus: sveikasis skaičius, fiksuoto kablelio, slankiojo kablelio, simbolių tipas, loginis tipas (boolean). Ir egzotinius: statuso tipas (duomenys su baigtiniu reikšmių skaičiumi, neturinčiu jokios matematinės reikšmės), universalus tipas (bitų seka). Fiksuoto kablelio aritmetika buvo palaikoma naudojant nustatytą bitų skaičių, leidžiantį tiksliai atvaizduoti baigtines trupmenas.

Slankiojo kablelio aritmetika buvo įgyvendinta su viengubo ir dvigubo tikslumo duomenų tipais, kurių ilgis buvo atitinkamai 32 ir 64 bitai. (Fleet combat direction systems support activity code 8, 1986, p. 27 - 29.)

2.13.2 Intel i960

Palaikė šiuos duomenų tipus: bitas, bitų laukai, sveikasis skaičius (8, 16, 32, 64 bitų), eilinių skaičius (8, 16, 32, 64 bitų sveikasis skaičius be ženklo), trigubas žodis (96 bitai), keturgubas žodis (128 bitai). Procesorius palaiko fiksuoto kablelio aritmetiką naudodamas dvejetainio papildinio kodavimą sveikiesiems skaičiams. (Intel, n.d., p. 15.) Intel i960 mikroprocesorius palaikė tiek fiksuotojo, tiek slankiojo kablelio aritmetiką, tačiau tai priklausė nuo konkretaus i960 šeimos modelio. Fiksuotojo kablelio aritmetika visada buvo palaikoma aparatine įranga, o slankiojo kablelio aritmetika palaikoma aparatine įranga modeliuose su integruotu FPU (slankiojo kablelio bloku). Modeliuose be FPU slankiojo kablelio operacijos buvo atliekamos programinės emuliacijos būdu. (OpenAI, 2024.)

2.14 Greitaveika

2.14.1 AN/UYK-43

Informacijos internete rasti nepavyko. Specifinės techninės detalės, tokios kaip taktinių generatorių dažniai, ciklų skaičius vienai komandai (CPI) ir tikslūs komandų vykdymo greičiai, nėra plačiai dokumentuotos viešai prieinamuose šaltiniuose. (OpenAI, 2024.)

2.14.2 Intel i960

Procesoriaus taktinis dažnis: 10 MHz iki 100 MHz. (Wikipedia, 2024.) Intel i960 (80960JF versija) apdorojama daugumą komandų su vieno vykdymo ciklu. (Intel, n.d., p. 1.) i960 80960KB procesorius užtikrina vidutinį komandų vykdymo greitį 7,5 milijono komandų per sekundę (7,5 MIPS) esant 20 MHz taktiniam dažniui. 10 milijonų komandų per sekundę (10 MIPS) esant 25 MHz taktiniam dažniui. (Intel, 1988, p. 12.)

2.15 Spartinančioji atmintis

2.15.1 AN/UYK-43

AN/UYK-43 naudojo spartinančiąją atmintį siekiant padidinti našumą (VIP Club, 2024.). Kompiuterio spartinančioji atmintis turėjo iki 16384 32 bitų žodžių talpą. Ji veikė kaip didelės spartos buferis tarp procesoriaus ir pagrindinės atminties. (Systems Exploration, Inc, 1987, p. 22.).

2.15.2 Intel i960

Visi Intel i960 procesoriaus variantai naudojo instrukcijų (instruction), tačiau ne visi duomenų (data) spartinančiąją atmintį. Pavyzdžiui Intel i960 80960MC

neturėjo duomenų spartinančiosios atminties, o 80960CF jau turėjo. Instrukcijų spartinančiosios atminties dydis buvo nuo 0.5 KB. iki 16 KB., o duomenų spartinančioji atmintis nuo 1 KB. iki 8 KB. (Wikipedia, 2024.)

2.16 Architektūros taikymo sritys

2.16.1 AN/UYK-43

AN/UYK-43 buvo standartinis 32 bitų kompiuteris Jungtinių Amerikos valstijų laivyne, kurio panaudojimas buvo kariniuose laivuose ir povandeniniuose laivuose. (Wikipedia, 2024.) Tai yra universalūs kompiuteriai, naudojami taktinių skaitmeninių sistemų ir posistemų veikloje (pvz., vadovavimo ir kontrolės, žvalgybos bei taktinių ginklų sistemose ir posistemėse) (Defense Technical Information Center, 1981, p. 3.). Daugiau konkrečios informacijos negalima pasiekti, nes tai yra karinė įranga.

2.16.2 Intel i960

Intel i960 procesoriai buvo naudojami RAID valdikliuose, tokiuose kaip Adaptec AAR-2400A, Brocade Fibre Channel komutatoriuose, lošimo automatuose, tokiuose kaip IGT Stepper S2000 ir Sega Model 2 žaidimų konsolėse, kariniuose ir kosminiuose įrenginiuose, įskaitant HAL Tejas naikintuvų radarus ir Indijos kosmoso tyrimų organizacijos (ISRO) paleidimo transporto priemonių kompiuterius, jūrų radarų sistemose (Kelvin Hughes ARPA), HP X-terminaluose, Alcatel-Lucent 1000 ADSL plačiajuosčio ryšio modemuose bei SATA RAID valdikliuose. Pavyzdžiui: "Intel i960 buvo naudojamas Sega Model 2 arkadinių žaidimų sistemoje kaip pagrindinis procesorius, atsakingas už 3D grafikos apdorojimą ir žaidimų logiką. Tai buvo galingas RISC architektūros procesorius, kuris tuo metu pasižymėjo aukštu našumu skaičiavimuose ir įterptinėse sistemose. Dėl šių savybių Intel i960 buvo kritiškai svarbus komponentas, leidęs Sega Model 2 pasiekti didelį žaidimų grafikų ir našumo lygį, kas buvo svarbu populiariems žaidimams, tokiems kaip Virtua Fighter 2, Daytona USA ir Sega Rally Championship." (OpenAI, 2024). Taigi taikymo sritys yra nuo paprastų kompiuterinių žaidimų konsolių iki kosmoso tyrimų ar karinių sistemų.

2.17 Programinė įranga

2.17.1 AN/UYK-43

Standartinė AN/UYK-43 Executive (SDEX/43) operacinė sistema. SDEX/43 yra užkoduotas ir prižiūrimas naudojant laivyno standartinę MTASS/L programą. MTASS/L dokumentuotas pagal MIL-STD-1679 reikalavimus. Kitos dvi galimos operacinės sistemos yra RSS ir ATEX. Sistema turi du kalbos procesorius: CMS-2L kompiliatorių ir MACRO/L assembler'į. (Systems Exploration, Inc, 1987, p. 24.) AN/UYK-43 ir susijusiems UYK bei AYK serijos kompiuteriams buvo naudojama standartizuota programavimo kalba CMS-2, sukurta Rand Corporation. (Wikipedia, 2024.) Kita informacija nėra pasiekama.

2.17.2 Intel i960

Intel i960 procesorių šeimą palaiko daugiau nei 40 tiekėjų, siūlančių daugiau nei 100 kūrimo įrankių, tokių kaip įterptiniai emuliatoriai, kompiliatoriai, operacinės sistemos, vertinimo plokštės, surinkėjai, derintojai (gdb960), stebėjimo įrankiai (MON960) ir daugelis kitų. Šie įrankiai padeda sutrumpinti tiek kūrimo ciklą, tiek laiką, reikalingą produktui patekti į rinką. (Intel, 2006.) „CTO-OLS960“ ir „GNU/960“, C/C++ kompiliatoriai buvo dalis šių įrankių rinkinių. Derintojai: „dmp960“, „gdmp960“ – disasembleriai ir objektinių failų iškrovėjai. Profiliuotojai: „gcov960“ – kodo padengimo analizatorius. „ghist960“ – statistinis vykdymo profiliuotojas. „xlate960“ – surinkimo kalbos konverteris. „lnk960“, „gld960“ – jungikliai. Buvo prieinamos šitos bibliotekos: MON960 – bibliotekos inicializacija statistiniam profiliavimui. „IxWorks“ – naudojama su statistinio profiliavimo įrankiu „ghist960“. (Inter Corporation, n.d., p. 17 - 23.) Tam tikra įranga yra prieinama šiandien (<https://www.industry-plaza.com/embedded-software-development-tools-for-p58782.html>)

2.18 Emuliatoriai

2.18.1 Intel i960

Yra emuliatorius: <https://i960-emulator.software.informer.com/>

2.18.2 AN/UYK-43

Emuliatoriaus nėra, nes įranga buvo naudojama JAV karinėje technikoje, todėl ne visa informacija yra viešai prieinama (Wikipedia, 2024).

3 GitHub

Šio darbo eiga: <https://github.com/Dodanija/Architecture>

4 Nuorodos

- CPU-World Forum, n.d. *Intel i960 processor discussion*. Available at: <https://www.cpu-world.com/forum/viewtopic.php?p=74549> [Accessed 15 December 2024].
- Defense Technical Information Center, 1981. *Issues Concerning the AN/UYK-43 and AN/UYK-44 computer development-competition and ada transition*. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1174611.pdf> [Accessed 17 December 2024].
- Defense Technical Information Center, 1987. *AN/UYK-43 Computer System Specifications*. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA188056.pdf> [Accessed 16 December 2024].
- Fleet combat direction systems support activity code 8, 1986. *CMS-2Y Programmer's Reference Manual for the AN/UYK-7 and AN/UYK-43, 1986*. Available at: https://ia902907.us.archive.org/11/items/bitsavers_univacmilimmersReferenceManual2YProgrammersReferenceManual_for_the_ANUYK-7_and_ANUYK-43_Oct86.pdf [Accessed 16 December 2024].
- Intel, 1988. *Intel 80960KB Programmer's Reference Manual*. Available at: http://bitsavers.informatik.uni-stuttgart.de/components/intel/i960/80960KB_programmersReferenceManual.pdf [Accessed 16 December 2024].
- Intel, 1997. *i960 Rx I/O Microprocessor Developer's Manual*. Available at: <https://datasheets.chipdb.org/Intel/80960/manuals/27273602.PDF> [Accessed 18 December 2024].
- Intel, 2002. *Intel Corporation i960 Linecards*. Available at: <https://www.mouser.com/catalog/specsheets/Intel%20i960%20Linecards.pdf> [Accessed 17 December 2024].
- Intel, 2006. *Intel i960 Development Tools*. Available at: <http://developer.intel.com/design/i960/devtools/> [Accessed 17 December 2024].
- Intel, n.d. *Intel i960 Product Specifications*. Available at: <https://community.intel.com/cipcp26785/attachment/27300103.PDF> [Accessed 15 December 2024].
- Intel Corporation, n.d. *Intel 80960KB Datasheet*. Available at: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/66071/INTEL/80960KB.html> [Accessed 16 December 2024].
- Inter Corporation, n.d. *i960 Processor Software Utilities User's Guide*. Available at: <https://datasheets.chipdb.org/Intel/80960/manuals/48527707.pdf> [Accessed 17 December 2024].
- Landwehr, C.E., Tretick, R., et al., 1987. *1987 Landwehr Tretick Study*. Available at: <http://www.landwehr.org/1987-landwehr-tretick-et-al.pdf> [Accessed 15 December 2024].

- ManualsLib, n.d. *Intel i960 Manual*. Available at: <https://www.manualslib.com/manual/1315143/Intel-i960.html> [Accessed 16 December 2024].
- OpenAI, 2024. Response generated using ChatGPT. Question: "Did AN/UYK-43 have virtual memory?" Answer: "The AN/UYK-43, a ruggedized military computer introduced by the U.S. Navy in the 1980s, did not have virtual memory in the traditional sense used by modern general-purpose computers." [Accessed on: 16 December 2024] [Version: 4o], from: <https://chat.openai.com/>
- OpenAI, 2024. Response generated using ChatGPT. Question: "Did Intel i960 have virtual memory?" Answer: "The Intel i960 microprocessor did not have built-in support for virtual memory in its standard versions. The i960 was designed primarily as an embedded processor, targeting real-time and embedded systems where virtual memory was not typically needed." [Accessed on: 16 December 2024] [Version: 4o], from: <https://chat.openai.com/>
- OpenAI, 2024. Response generated using ChatGPT. Question: "Intel i960 Was fixed point or floating point supported by hardware and how?" Answer: "The Intel i960 microprocessor supported both fixed-point and floating-point arithmetic, but in different ways depending on the specific model of the i960 family. Fixed-Point Arithmetic: Always supported by hardware. Floating-Point Arithmetic: Supported by hardware in models with an integrated FPU, otherwise handled via software emulation." [Accessed on: 18 December 2024] [Version: 4o], from: <https://chat.openai.com/>
- OpenAI, 2024. Response generated using ChatGPT. Question: "Intel i960 What was the (effective) width of the address?" Answer: "The effective address width of the Intel i960 was 32 bits, allowing it to address up to 4 GB of memory in a flat address space." [Accessed on: 18 December 2024] [Version: 4o], from: <https://chat.openai.com/>
- OpenAI, 2024. Response generated using ChatGPT. Question: "What was the speed of AN/UYK-43 system? What were the clock frequencies, clock cycles per instruction, instruction rates?" Answer: "Specific technical details such as clock frequencies, cycles per instruction (CPI), and exact instruction rates are not extensively documented in publicly available sources." [Accessed on: 18 December 2024] [Version: 4o], from: <https://chat.openai.com/>
- OpenAI, 2024. Response generated using ChatGPT. Question: "What was the typical amount of memory with which the system was used? Intel i960" Answer: "The typical amount of memory used with systems based on the Intel i960 varied depending on the application, as the processor was designed for embedded systems, networking devices, and military/aerospace applications." [Accessed on: 18 December 2024] [Version: 4o], from: <https://chat.openai.com/>

- OpenAI, 2024. Response generated using ChatGPT. Question: "What was the use of the Intel i960 in the Sega Model 2 console?" Answer: "The Intel i960 was used in the Sega Model 2 arcade game system as the main processor responsible for 3D graphics processing and game logic." [Accessed on: 17 December 2024] [Version: 4o], from: <https://chat.openai.com/>
- Systems Exploration, Inc, 1987. *HP-9020C/AN/UYK-43 Study*. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA188056.pdf> [Accessed 15 December 2024].
- VIP Club, 2024. *32-bit Computers, Chapter 52*. Available at: <https://vipclubmn.org/cp32bit.html> [Accessed 15 December 2024].
- Wikipedia, 2024. *Intel i960*. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_i960 [Accessed 15 December 2024].
- Wikipedia, 2024. *AN/UYK-43*. Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/AN/UYK-43> [Accessed 15 December 2024].